

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): NISHIZAWA, Kouji
Serial No.: Not yet assigned
Filed: February 10, 2004
Title: OPERATION INPUT DEVICE, TELECONTROL SYSTEM AND
TELECONTROL METHOD
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

February 10, 2004

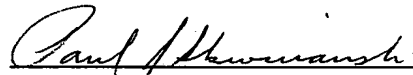
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2003-344422, filed October 2, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Paul J. Skwierawski
Registration No. 32,173

PJS/alb
Attachment
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 0 月 2 日
Date of Application:

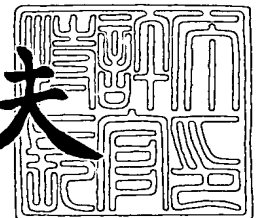
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 4 4 4 2 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 4 4 4 2 2]

出 願 人 株 式 会 社 日 立 製 作 所
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 1 8 6 4

【書類名】 特許願
【整理番号】 GM0307072
【提出日】 平成15年10月 2日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G05B 11/01
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所
 中央研究所内
 【氏名】 西澤 幸司
【特許出願人】
 【識別番号】 000005108
 【氏名又は名称】 株式会社日立製作所
【代理人】
 【識別番号】 100075513
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 後藤 政喜
【選任した代理人】
 【識別番号】 100084537
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 松田 嘉夫
【選任した代理人】
 【識別番号】 100114236
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 藤井 正弘
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 019839
 【納付金額】 21,000円
【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成14年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（再）委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0110326

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

操作者が操作対象に対して動作指示を入力する操作入力装置において、
第一の操作入力部の位置および／または姿勢を検出する第一動作検出部と、
第一動作検出部に接続され、第二の操作入力部の位置および姿勢を検出する第二動作検出部を有することを特徴とする操作入力装置。

【請求項 2】

第一の操作入力部及び第二の操作入力部は、第一動作検出部が第二動作検出部より装置の基端部側に設けられるように、一連のリンクによって装置の基端部側に接続されており、

第一動作検出部は、主に、第一の操作入力部の位置を検出し、

第二動作検出部は、第二の操作入力部の第一の操作入力部に対する相対位置および第二の操作入力部の姿勢を検出することを特徴とする請求項 1 に記載の操作入力装置。

【請求項 3】

第一動作検出部は、第一の操作入力部の位置を検出する自由度と、位置変化の際に発生する第一の操作入力部の姿勢変化分の自由度を有し、

第二動作検出部は、第二の操作入力部の姿勢を検出する自由度と、姿勢変化の際に発生する第二の操作入力部の位置変化分の自由度を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の操作入力装置。

【請求項 4】

第一の操作入力部は、操作者の腕の少なくとも手首近くを支えるアームレスト部を有し、

第一動作検出部は、操作者の手首の相当部位の位置および姿勢を検出する一方、

第二の操作入力部は、操作者の手指でつかむ把持部を有し、

第二動作検出部は、把持部の位置および姿勢を検出することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一つに記載の操作入力装置。

【請求項 5】

把持部は操作レバーを備え、操作レバーの動作を検出可能にしたことを特徴とする請求項 4 に記載の操作入力装置。

【請求項 6】

第一動作検出部は、装置の基端部に対して、ヒンジ、リンク機構を介して、少なくとも三自由度を持つべく第一の操作入力部を形成し、

第二動作検出部は、第一動作検出部の第一の操作入力部より装置の基端部側に接続すると共に、ヒンジ、リンク機構を介して、六自由度を持つべく第二の操作入力部を形成したことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の操作入力装置。

【請求項 7】

第二動作検出部は、第二の操作入力部の位置を検出するための位置リンク部と、姿勢を検出するための姿勢リンク部とを有し、

位置リンク部は、2つの平行リンクを連結すると共に、それぞれの平行リンクの端部の一对の支点間を結ぶ直線がそれぞれ鉛直方向と略 4 5 度の角度をなすように構成することを特徴とする請求項 6 に記載の操作入力装置。

【請求項 8】

位置リンク部は、それぞれ平行リンクをバネ力によって鉛直上側の回動方向に付勢する自重補償機構を備えることを特徴とする請求項 6 に記載の操作入力装置。

【請求項 9】

操作者が操作対象に対して動作指示を入力する操作入力装置において、

操作者の手首部位を支えるアームレスト部と、

アームレスト部の操作者の手首の相当部位を基点に、操作入力部の位置および姿勢を検出する動作検出部を有することを特徴とする操作入力装置。

【請求項 1 0】

請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載の操作入力装置の第一の操作入力部の位置情報と第二の操作入力部の姿勢情報とで、操作対象に指示する位置姿勢情報を構成して、その位置姿勢情報を基に操作対象を制御する制御装置を設けることを特徴とする遠隔操作システム。

【請求項 11】

制御装置は、

操作入力装置の第一動作検出部の検出情報より第一の操作入力部の位置情報および姿勢情報を算出する第一位置姿勢算出手段と、

操作入力装置の第一動作検出部の検出情報と第二動作検出部の検出情報より第二の操作入力部の位置情報および姿勢情報を算出する第二位置姿勢算出手段と、

第一位置姿勢算出手段による第一の操作入力部の位置情報と、第二位置姿勢算出手段による第二の操作入力部の姿勢情報から、操作対象に指示する位置姿勢情報を構成する伝達指令値生成手段を有することを特徴とする請求項 10 に記載の遠隔操作システム。

【請求項 12】

操作者が操作可能なスイッチ手段を備え、

制御装置は、スイッチ手段からの信号により、操作入力装置の第二動作検出部の検出情報のみを選択して、操作対象に指示する位置姿勢情報の生成方法を変更可能になっていることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の遠隔操作システム。

【請求項 13】

請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載の操作入力装置の第一の操作入力部の位置情報と第二の操作入力部の姿勢情報とで、操作対象に指示する位置姿勢情報を構成して、その位置姿勢情報を基に操作対象を制御することを特徴とする遠隔操作方法。

【請求項 14】

操作入力装置の第一動作検出部の検出情報より第一の操作入力部の位置情報および姿勢情報を算出し、

操作入力装置の第一動作検出部の検出情報と第二動作検出部の検出情報より第二の操作入力部の位置情報および姿勢情報を算出し、

第一の操作入力部の位置情報と、第二の操作入力部の姿勢情報から、操作対象に指示する位置姿勢情報を構成することを特徴とする請求項 13 に記載の遠隔操作方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】操作入力装置および遠隔操作システムおよび遠隔操作方法

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、操作対象へ伝達する操作指令を操作者が入力するための操作入力装置およびその操作入力を基に操作対象を動作する遠隔操作システムおよび遠隔操作方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

操作対象が六自由度を有する場合、操作対象への動作指示を入力する操作入力装置には従来、操作対象と同じ六自由度が設けられていた。例えば特許文献 1 などでは提案されているように、六自由度のリンク機構に指を取り付ける部位を設けた構成によって、指先の動作を六自由度で検出する装置がある。指先を所定の場所に固定したり、操作部を把持して操作者が意図する操作を入力する。

【0 0 0 3】

特許文献 2 では、人体にリンク機構を取り付け、腕全体で操作対象へ操作を指示する構成が提案されている。

【特許文献 1】米国特許第 5 8 9 8 5 9 9 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6 3 0 1 5 2 6 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

例えば、遠隔でロボットを操作する場合を考えると、一般に単純な作業や同じ作業の繰り返しなどはロボットが自律的に処理可能であるため、このような作業よりはむしろ正確な作業、人の意思・判断を必要とする作業、細かな作業などにおいて、操作者がロボットを遠隔で操作することが求められている。特に、医療分野で使用されるマニピュレータを遠隔で操作する場合などは、操作者である執刀医の微妙な術具操作技術を正確に実現することが重要である。

【0 0 0 5】

しかし、従来の操作入力装置は位置と姿勢の入力が混在しており、姿勢変化のつもりで入力した操作の結果、位置と姿勢の両方が変化してしまうことがあり、操作者の意図を正確に反映できるものではなかった。

【0 0 0 6】

通常、指先で姿勢を入力すると、指先の動作に追従して姿勢変化にくわえて指先の位置変化も発生する。人は姿勢のみ、あるいは位置のみの動作を行うことは難しく、意図せずに位置と姿勢が混在した操作入力をしてしまう。

【0 0 0 7】

特に、操作者が専門のオペレータでない場合には、意図したとおりに操作することが困難であった。医療分野では特に使用するのは一般の外科医である場合が考えられるため、操作入力装置には操作者の意図を正確に反映させる技術が重要である。

【0 0 0 8】

特許文献 1 のような機構では、操作者が例えば操作対象の位置を固定したまま姿勢のみを変更する動作を実施したい場合や、その逆に操作対象の姿勢を固定したまま位置のみを移動したい場合など、操作者は指先や操作部の位置を固定したまま姿勢のみを変化させたり、姿勢を固定したまま位置を移動させたりする操作入力を行うことが求められる。このような操作を実現するのは困難であり、実際には動いてほしくないパラメータにも動作が入力されてしまう。

【0 0 0 9】

特許文献 2 の機構では、自由度数は多いが、位置と姿勢を分離することについては考慮されていない。

【0 0 1 0】

そこで、本発明の目的は、操作において姿勢指示と位置指示を容易に分離して指示可能な操作入力装置および遠隔操作システムおよび遠隔操作方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明における操作者が操作対象に対して動作指示を入力する操作入力装置は、第一の操作入力部の位置および姿勢を検出する第一動作検出部と、第一動作検出部に接続され、第二の操作入力部の位置および姿勢を検出する第二動作検出部を有する。

【0012】

本発明における遠隔操作システムは、上記操作入力装置の第一の操作入力部の位置情報と第二の操作入力部の姿勢情報とで、操作対象に指示する位置姿勢情報を構成して、その位置姿勢情報を基に操作対象を制御する制御装置を設ける。

【0013】

本発明における遠隔操作方法は、上記操作入力装置の第一の操作入力部の位置情報と第二の操作入力部の姿勢情報とで、操作対象に指示する位置姿勢情報を構成して、その位置姿勢情報を基に操作対象を制御する。

【発明の効果】

【0014】

本発明においては、第一動作検出部により手首の位置および姿勢を、第二動作検出部により手指の位置および姿勢を検出することにより、位置の操作と姿勢の操作の検出を機構的に分離することができるために、従来の装置では不可能であった位置入力と姿勢入力の混在という問題を解決し、よりの確に、かつ容易で直感的な操作方法で操作者の意図を反映した操作情報を検出することができる。

【0015】

また、位置と姿勢を分離した操作が可能であるため、正確さや微細さを必要とする操作入力が容易に可能となる。医療現場などで用いられる遠隔操作のマニピュレータの操作を行う場合でも、外科医の意図する微妙な操作を的確にマニピュレータへ伝達することが可能となり、マニピュレータによる治療技術と、安全性を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

(第一の実施形態)

まず、本発明の実施形態のシステム全体を図1を用いて説明する。図1では、操作対象を手術用マニピュレータとし、操作入力装置とマスタスレーブ制御によって接続され、外科医は操作入力装置を用いて手術用マニピュレータを操作し、患者を治療するシステムを例示する。

【0017】

患者190は手術台191に寝かされている。患者の身体には手術のための切開がなされ、切開部から内視鏡マニピュレータ194、および2台の術具マニピュレータ192、193の先端部が患者体内に挿入される。挿入された術具マニピュレータ192、193の先端鉗子が内視鏡マニピュレータ194のカメラで撮影され、操作卓195に設置されたモニタ198に映し出される。操作卓195には操作入力装置196、197が設けられている。操作入力装置196はモニタ198内の左に映し出される術具マニピュレータ192と接続されており、入力された操作内容を、制御装置を通して術具マニピュレータ192伝達する。操作入力装置197はモニタ198内の右に映し出される術具マニピュレータ193と接続されており、入力された操作内容を、制御装置を通して術具マニピュレータ193に伝達する。

【0018】

図2は本実施形態の操作入力装置の全体を示す斜視図、図3から図7は説明を補足するための各部の拡大斜視図であり、特に、図6は固定座標系を示す図、図7はアームレスト部の部品のつながりを示す構成図である。図8は姿勢検出リンクの部品のつながりを示す構成図、図9は把持部の拡大斜視図である。図10は情報の流れを示す。図11は制御フ

ローを示す。

【0019】

本実施形態の操作入力装置の機構は、第一動作検出部である位置検出リンク 2、第二動作検出部である姿勢検出リンク 4 からなる。第一動作検出部は、机や椅子に固定する装置固定部 1 と第一操作入力部であるアームレスト部 3 を有している。また、第二動作検出部は、操作者が把持し、操作を入力するための第二操作入力部である把持部 5 を有し、把持部 5 の姿勢三自由度を検出する指姿勢リンク部と把持部 5 の位置三自由度を検出する指位置リンク部からなる。

【0020】

まず、図 2 と図 6 を用いて第一動作検出部の装置固定部 1 を説明する。

【0021】

装置固定部 1 は基部 8 に回転自由に取り付けてある締めねじ 7 と天部 6 との間に机などを挟みこみ、締めねじ 7 を回転させて締めねじ 7 と天部 6 の隙間を狭め、机などに操作入力装置の機構を固定する。

【0022】

装置固定部 1 はヒンジ部 11 を介してリンク 14、リンク 15 からなる第一平行リンクが接続されている。第一平行リンクはヒンジ部 11 とヒンジ部 19 によって平行四辺形を形成する。ヒンジ部 11、19 とリンク 14、15 は回転軸 12、13、17、18 を介して回転可能に接続されており、平行四辺形を変形できる。第一平行リンクのヒンジ部 11 あるいはヒンジ部 19 に対する角度は回転軸 12、13、17、18 のいずれか一つの回転軸に取り付けた角度センサ 199 (図 10 参照) にて検出可能である。図 2 と図 6 では角度センサ 199 は省略されている。

【0023】

装置固定部 1 の基部 8 には、ヒンジ部 11 と連結するための凸形状をした連結部 8a が設けられている。ヒンジ部 11 の軸穴とこの連結部 8a に設けた軸穴を軸 10 が貫くように設置される。軸 10 はヒンジ部 11 に固定されており、連結部 8a に対して回転自由である。よって、ヒンジ部 11 が装置固定部 1 に対して軸 10 の軸心である回転軸 10a を中心に回転自由である。

【0024】

基部 8 には角度センサ 9 が設けられている。ここでは角度センサ 9 は中空型角度検出センサであり、軸を中空部に通して固定し、センサ本体に対する軸の回転角度を検出するのである。

【0025】

軸 10 は基部 8 を貫き、角度センサ 9 の中空部に連結される。これにより、軸 10 の基部 8 に対する回転角度を角度センサ 9 にて検出可能である。

【0026】

ヒンジ部 19 はリンク 23 と軸 22 の軸心である回転軸 20 回りに回転自由に接続される。軸 22 はリンク 23 に固定されており、ヒンジ部 19 を貫き角度センサ 21 の中空部に結合される。角度センサ 21 はヒンジ部 19 に固定されている。これによりヒンジ部 19 に対する軸 22 の回転角度を角度センサ 21 によって検出可能である。

【0027】

次に、第一操作入力部のアームレスト部 3 と第一動作検出部の位置検出リンク 2 および第二動作検出部の姿勢検出リンク 4 のつながりについて、図 2 に合わせて図 7 を用いて説明する。

【0028】

アームレスト部 3 は、腕を乗せるアームレスト 31 と、アームレスト 31 の下部に設けた凸部 100 でヒンジ部 30 と回転軸 33 回りに回転自由に結合されている。回転軸 33 とヒンジ部 30 との回転角度は角度センサ 32 によって検出可能である。ヒンジ部 30 はヒンジベース 29 を介して連結軸 104 が設けられている。

【0029】

リンク 23 と連結軸 104 とは回転軸 26 回りに回転自由に接続される。連結軸 104 とヒンジ部 28 も回転軸 26 回りに回転自由に接続される。角度センサ 27 は中空型角度センサであり、連結軸 104 に回転検出部が固定され、角度センサ 27 の外殻はヒンジ部 28 に固定される。これによって、ヒンジ部 28 と連結軸 104 のなす角度を検出することが可能である。

【0030】

リンク 23 にもうけた略 Z 字ベース 24 が、ヒンジ部 28 と角度センサ 27 をはさむように回転軸 104 とリンク 23 を連結している。回転軸 104 は略 Z 字ベース 24 に対して回転自由に取り付けられている。

【0031】

中空型の角度センサ 25 の外殻は略 Z 字ベース 24 に固定され、回転検出部は連結軸 104 に固定されている。これによって、リンク 23 と回転軸 104 のなす角度を角度センサ 25 が検出可能である。

【0032】

連結軸 104 がリンク 23 と成す角度は、すなわちアームレスト 31 がリンク 23 と成す角度であり、連結軸 104 がヒンジ部 28 と成す角度は、すなわちアームレスト 31 がヒンジ部 28 と成す角度である。

【0033】

次に、第二動作検出部の姿勢検出リンク 4 の構成を図 2 および図 3、図 4、図 5、図 8 を用いて説明する。

【0034】

姿勢検出リンク 4 は、操作者が把持し、操作を入力するための第二操作入力部である把持部 5 と、把持部の姿勢三自由度を検出する指姿勢リンク部と把持部 5 の位置三自由度を検出する指位置リンク部からなる。図 5 は主に把持部 5 と指姿勢リンク部の構成を示し、図 3、図 4 は指位置リンク部の構成を示している。図 3、図 4 は互いに死角になっている構成を補間するため、異なる視点からの斜視図である。

【0035】

ヒンジ部 28 とリンク 35 およびリンク 36 はリンク側に固定された軸 60、61 を介して回転自由に連結されており、リンク連結部 37 とリンク 35 およびリンク 36 は、軸 62、63 を介して回転自由に連結されており、ヒンジ部 28、リンク 35、リンク 36、リンク連結部 37 は平行リンクを形成する。本実施形態では、軸 60、62 はリンク 35 に固定され、軸 61、63 はリンク 36 側に固定されている。

【0036】

軸 60 には、角度センサ 102 の回転検出部が取り付けられ、角度センサ 102 の外殻はヒンジ部 28 に固定されている。これにより、ヒンジ部 28 に対する軸 60 の回転軸 103 回りの回転角度を検出する。

【0037】

図 3 および図 4 で示されるように、リンク連結部 37 には回転軸 62、63 を結ぶ中心線と直交する別の中心線上に回転軸 105、106 を有している。

【0038】

リンク連結部 37 とリンク 38 およびリンク 39 は、軸 105、106 を介して回転自由に連結されており、ヒンジ部 40 とリンク 38 およびリンク 39 はリンク側に固定された軸 64、65 を介して回転自由に連結されている。ヒンジ部 40、リンク 38、リンク 39、リンク連結部 37 は平行リンクを形成する。本実施形態では、軸 64、105 はリンク 38 に固定され、軸 65、106 はリンク 39 側に固定されており、軸 64、65、105、106 とリンク連結部 37 の間でそれぞれの軸の軸心まわりに回転自由な接続がなされている。

軸 64 には、角度センサ 114 の回転検出部が取り付けられ、角度センサ 114 の外殻はヒンジ部 40 に固定されている。これにより、ヒンジ部 40 に対する軸 64 の回転軸 113 回りの回転角度を検出する。

【0 0 3 9】

図 8 に示すようにヒンジ部 4 0 には二段シャフト 1 1 5 が固定されている。二段シャフトは軸径が異なる二つの軸が連結された形状であり、細い径の軸部 1 1 5 a は指リンク 4 1 と回転自由に連結されている。

【0 0 4 0】

指リンク 4 1 には、固定板 2 0 0 を介して回転角度センサ 4 2 が固定されている。軸 1 1 5 の細い径の軸部 1 1 5 a は角度センサ 4 2 の中空部に連結されており、角度センサは軸部 1 5 5 a と指リンク 4 1 のなす角度を計測する。よって、角度センサ 4 2 はヒンジ部 4 0 に対する指リンク 4 1 の軸部 1 1 5 a の軸心である回転軸 4 3 回りの角度を計測可能である。

【0 0 4 1】

指リンク 4 1 は途中に湾曲部 4 4 を有しており、リンクのそれぞれの両端に軸穴を有し、それらの軸穴の軸心は互いに直交している。この軸穴はそれぞれ軸と回転自由に連結される。片方の回転軸が回転軸 4 3 であり、もう片方が回転軸 4 5 である。

【0 0 4 2】

指リンク 4 1 は軸 1 3 4 を介して指リンク 4 6 と回転軸 4 5 まわりに回転自由に連結されている。本実施形態では軸 1 3 4 は指リンク 4 6 に固定されており、軸 1 3 4 が指リンク 4 1 と回転自由に連結されている。軸 1 3 4 はカップリング 1 4 2 を介して角度センサ 4 7 の回転軸に連結されている。角度センサ 4 7 は指リンク 4 1 に固定されているため、指リンク 4 1 に対する指リンク 4 6 の角度を検出可能である。

【0 0 4 3】

指リンク 4 6 は指リンク 4 1 同様に途中が湾曲しており、直交する二つの回転軸を有している。ひとつは軸 1 3 4 を介して指リンク 4 1 と回転自由に連結されており、ひとつは回転軸 4 9 まわりに二段軸 5 0 と回転自由に連結されている。二段軸 5 0 の細い軸部は指リンク 4 6 を貫き、カップリング 1 4 0 を介して角度センサ 1 1 7 の回転軸と連結している。角度センサ 1 1 7 は固定板 1 3 8 を介して指リンク 4 6 に固定されている。よって、指リンク 4 6 に対する二段軸 5 0 の回転角度を角度センサ 1 1 7 が計測可能である。

【0 0 4 4】

二段軸 5 0 には把持部ベース 1 3 7 が固定されている。把持部ベース 1 3 7 は把持軸 5 1 を有している。また、把持部ベース 1 3 7 は軸 1 3 6 を介して指レバー 5 2 と回転軸 1 3 5 まわりに回転自由に連結されている。軸 1 3 6 は指レバー 5 2 に固定されており、一端はカップリング 1 4 1 を介して角度センサ 5 3 の回転軸に連結されている。角度センサ 5 3 は固定板を介して把持部ベース 1 3 7 に固定されている。よって、把持部ベース 1 3 7 に対する指レバー 5 2 の回転角度を角度センサ 5 3 が計測可能である。

【0 0 4 5】

本実施形態の操作入力装置の座標系を、図 3、図 5、図 6 に示す 4 つの座標系を用いて説明する。

【0 0 4 6】

ひとつは装置固定部 1 に原点を有する座標系 2 0 1 である。

【0 0 4 7】

ひとつはリンク 2 3 とアームレスト 3 1 が回転自由に連結されている回転軸上に原点を有する座標系 2 0 4 である。座標系 2 0 4 の原点はリンク 2 3 とアームレスト 3 1 が回転自由に接続されている連結部の基準位置を示す。

【0 0 4 8】

ひとつはアームレスト 3 1 に原点を有する座標系 2 0 2 である。

【0 0 4 9】

ひとつは把持部ベース 1 3 7 に原点を有する座標系 2 0 3 である。

【0 0 5 0】

座標系 2 0 1 における座標系 2 0 2 の原点の座標は、装置固定部 1 からみたアームレスト 3 1 の先端位置を示す。各リンクやヒンジ、アームレスト等の各機構部の長さなどを示

す物理パラメータと角度センサ 9、199、21、25、32 の情報から、座標系 201 内での座標系 202 の原点の座標を算出可能である。

【0051】

座標系 201 における座標系 204 の原点の座標は、装置固定部 1 からみたアームレストの基準位置を示す。各機構部の物理パラメータと角度センサ 9、199、21 の情報から、座標系 201 内での座標系 204 の原点の座標と座標間の回転行列を算出可能である。座標系 201 における座標系 204 の原点の座標は、アームレスト 31 の動作（回転軸 26、回転軸 33 まわりの動作）の変位の影響は受けない。

【0052】

座標系 204 における座標系 202 の原点の座標は、リンク 23 からみたアームレスト 31 の変位を示す。各機構部の物理パラメータと角度センサ 25、32 の情報から、座標 204 内での座標系 202 の原点の座標と座標間の回転行列を算出可能である。

【0053】

座標系 204 における座標系 203 の原点の座標は把持部 5 の位置を示し、座標の回転が把持部 5 の姿勢を示す。各機構部の物理パラメータと角度センサ 27、102、114、42、47、117 の情報から、座標系 204 内での座標系 203 の原点の座標と座標間の回転行列を算出可能である。つまりは座標系 204 から見た座標系 203 の位置と姿勢を算出可能である。

【0054】

座標系 202 における座標系 203 の原点の座標はアームレスト 31 からみた把持部 5 の位置を示し、座標の回転がアームレスト 31 からみた把持部 5 の姿勢変化を示す。座標系 204 からみた座標系 202 の位置と姿勢および、座標系 204 からみた座標系 203 の位置と姿勢の情報から、座標系 202 における座標系 203 の原点の座標と座標間の回転行列を算出可能である。当然であるが、各機構部の物理パラメータと角度情報から直接座標系 202 における座標系 203 の原点の座標と座標間の回転行列を算出することも可能である。

【0055】

後に述べるように、座標系 202 の原点位置はアームレスト 31 に乗せた操作者の手首の位置に相当する。このため、座標系 201 から見た座標系 202 の位置姿勢は、操作入力装置の固定位置からみた操作者の手首の位置と姿勢を意味する。座標系 202 からみた座標系 203 の位置と姿勢は、操作者の手首から見た指先の位置と姿勢を意味する。

【0056】

操作対象をロボットマニピュレータと仮定して、操作方法と装置の動作について説明する。

【0057】

操作者は手首をアームレスト 31 に乗せ、把持ベース 137 に親指を置き、指レバー 52 に人差し指を添えて、把持軸 51 を親指と人差し指の間に押し付けるようにして把持部と手のひらを固定して把持する。把持部 5 の一部を手のひらに押し付けて安定させることができるため、装置の操作性が向上する。

【0058】

次に、本装置を用いて、操作者がマニピュレータの姿勢だけを変化させる操作を行いたい場合とマニピュレータの位置だけを変化させたい操作を行いたい場合について説明する。

【0059】

通常、人が指先を動かす場合、指先の位置を変えずに姿勢だけを変えるという操作は困難である。どうしても位置と姿勢が混在した動きになる。よって、指先の動きだけで位置と姿勢を指示する従来の操作入力装置では、位置だけ、あるいは姿勢だけを指示することが難しかった。

【0060】

本装置を用いると、操作者がマニピュレータの姿勢のみを変化させたい場合、つまりマ

ニピューレータの先端の位置を固定したまま、その先端の点にアクセスする角度や姿勢を変えたい場合、手首の位置を変えずに指先だけで操作する。これにより、座標系 202 からみた座標系 203 の原点の位置と姿勢が変化する。この位置と姿勢の変化量から姿勢の変化分のみを取り出し、マニピューレータに伝達する。

【0061】

操作者がマニピューレータの位置のみを移動させたいときは、手首の位置を変化させて動作入力を行う。手首から操作部を把持する指先にかけては姿勢を変化させずに位置の動作入力を実施する。これにより、座標系 201 からみた座標系 202 の原点の位置と姿勢が変化する。この位置と姿勢の変化量から位置の変化分のみを取り出し、マニピューレータに伝達する。

【0062】

以上のように、本装置では、位置の操作と姿勢の操作の検出を機構的に分離することができるために、従来の装置では不可能であった位置入力と姿勢入力の混在という問題を解決し、よりの確に、かつ容易で直感的な操作方法で操作者の意図を反映した操作情報を検出することができる。

【0063】

位置と姿勢を同時に操作入力する場合は次のようになる。

【0064】

本装置では、姿勢の操作では位置の変化を検出する第一動作検出部の各自由度が変化することがないため、考慮が必要なのは、第一動作検出部を操作して位置変化を入力した場合に、第二動作検出部の把持部 5 での位置と姿勢の各自由度が変化する場合である。

【0065】

たとえば、本装置では、アームレスト 31 とリンク 23 を結合する回転軸 26 と第二動作検出部と第一動作検出部を結合する回転軸 26 が同一であるため、手首の位置変化が座標系 201 における Y o - Z o 平面内の動作入力の場合は、アームレスト 31 と把持部 5 を操作者の手が連結しているため、アームレスト 31 が回転軸 26 まわりに回転する角度量と第二動作検出部が回転軸 26 まわりに回転する量が等しくなり、アームレスト 31 からみた把持部 5 の姿勢は不変である。よって、手首からみた指先姿勢が不変であり、Y o - Z o 平面内でアームレスト 31 が動作しても、アームレスト 31 と把持部 5 を操作者の手首から指先で連結しているかぎり、第二動作検出部の各角度センサからの情報は不変である。そのため、第一動作検出部で手首の位置変化を検出し、同時に第二動作検出部で指先の姿勢変化を検出することが可能である。そのため、操作者の意図する位置と姿勢を明確に分離して検出可能となり、位置だけの操作や姿勢だけの操作を行うときと同じように高い操作性を提供できる。

【0066】

一方、前述と同様、位置と姿勢を同時に入力するときに、手首の動作が座標系 201 における X o 方向の成分を含む場合、座標系 204 からみて座標系 202 が変化すると同時に、座標系 204 からみた座標系 203 も変化する。この場合、座標系 202 の変化量から座標系 204 の変化量を算出し、その影響分を座標系 203 の変化量から差し引くことで、手首動作と、手首からみた指先の動作のそれぞれの操作入力を分離することが可能である。ゆえに、手首の動きで指先で把持する把持部 5 の位置姿勢が変化してしまっても、操作者が意図する位置と姿勢を分離して検出することが可能である。

【0067】

以上のように、本装置を用いると、操作者が意図する操作内容が、位置変化のみの場合、姿勢変化のみの場合、位置と姿勢両方を動に変化させる場合という、すべての操作状況において、手首の位置を検出する第一動作検出部と手首から先の動作を検出する第二動作検出部を有する機構の効果として、操作者が意図する操作内容を位置入力および操作入力とに分離して検出し、操作対象により正確な動作指示を伝達することが可能となる。

【0068】

すなわち、本提案では、位置入力を行う位置指示部と姿勢指示を行う姿勢指示部を別に

設ける。全体としては冗長自由度を有する構成とする。操作入力装置から操作対象へ伝達する操作指示の情報は、位置指示部にて入力する位置情報と、操作指示部で検出される位置姿勢情報とから生成する。操作入力装置が冗長自由度を持つことで、入力される位置情報と姿勢情報の少なくとも一方は冗長な情報を有する。つまり、位置指示部もしくは姿勢指示部にて位置姿勢の情報を検出する。これらの冗長な情報を取り除き、位置指示部の位置情報と姿勢指示部の姿勢情報を取り出し、これらをあわせて伝達する情報を生成する。

【0069】

三自由度以上で指示可能な位置指示部にはアームレスト形状を用いて手首の位置にて位置指示を行う。同様に三自由度以上で指示可能な姿勢指示部はアームレストから指先まで伸びるリンク機構にて構成する。

【0070】

手首で位置操作ができるので、手に把持した物体を移動させる時と同様の動作で、直感的に位置指定が可能である。

【0071】

位置指示部あるいは姿勢指示部を三自由度以上の冗長自由度とした場合、例えば、指先で姿勢入力を行う際には姿勢入力で発生する位置ずれを吸収することができ、手首で位置入力を行う際には位置入力で発生する手首の姿勢変化を吸収することができる。これらは位置だけあるいは姿勢だけという拘束された入力が操作性を低下させることを防ぎ、常に楽な操作入力で目的とする情報を取り出すことを可能にする。

【0072】

冗長自由度の操作入力装置に二つの操作部を設け、位置入力部の情報から姿勢情報を削除し、姿勢入力部の情報から位置情報を削除し、位置入力部で検出する位置情報と姿勢入力部で検出する姿勢情報を加え、操作対象に伝達することで、操作にともなう位置と姿勢の混在を防ぎ、熟練度の低い操作者でも位置と姿勢を分離させた、操作の意図を正確に反映できる操作が可能となる。

【0073】

手首に操作点を設けることで、手首を基点とした指先の細かい操作の作業性を向上させる。人は細かい作業や正確な作業をするときは、机などに手首を置いて、指先と支点の距離を短くして作業を実施する。これは作業点（指先）と支点（手首）の距離が短いほど上記のような作業が行いやすいことを示している。

【0074】

これまで説明した操作について、情報の流れを図10を用いて説明する。

【0075】

操作者がアームレスト31に乗せた手首の位置を移動させると、第一動作検出部および第二動作検出部の各リンクが手首や指先の動きに追従して動作し、第一動作検出部300に設けた角度センサ9、199、21、25、32および第二動作検出部400に設けた角度センサ27、102、114、42、47、117で各自由度の角度の変化を検出する。検出した角度情報は制御装置151に入力される。

【0076】

制御装置151では第一動作検出部位置姿勢算出手段152によって、第一動作検出部300の各角度センサ情報と予めわかっている第一動作検出部300の各リンクおよびヒンジ部など各機構の長さ情報などの物理パラメータを元に、座標系201と座標系202の座標系間の並進写像と回転写像の変換行列を算出することができる。

【0077】

つまり操作入力装置の座標系201における第一動作検出部300に設定した座標系202の原点座標および、座標系201から座標系202への座標系間の回転変位量を算出できる。

【0078】

一方、第一動作検出部300の角度情報は第二動作検出部位置姿勢算出手段154へも入力される。第二動作検出部位置姿勢算出手段154は、第一動作検出部300と第二動

作検出部 400 の各角度センサ情報と予めわかっている第一動作検出部 300 と第二動作検出部 400 の各機構の物理パラメータを元に、座標系 202 と座標系 203 の座標系間の並進写像と回転写像の変換行列を算出することができる。

【0079】

座標系 202 と座標系 203 の座標系間の並進写像と回転写像の変換行列の算出では、座標系 204 を基準として、座標系 204 と座標系 202 の座標系間の並進写像と回転写像の変換行列と、座標系 204 と座標系 203 の座標系間の並進写像と回転写像の変換行列とを算出し、これらから座標系 202 と座標系 203 の座標系間の並進写像と回転写像の変換行列を算出することができる。

【0080】

次に、第一動作検出部位置算出手段 153 において、第一動作検出部位置姿勢算出手段 152 で算出した座標系 201 からみた座標系 202 の位置と姿勢のうち、位置の情報のみを取り出す。同時に、第二動作検出部姿勢算出手段 155 において、第二動作検出部位置姿勢算出手段 154 で算出した座標系 202 からみた座標系 203 の位置と姿勢のうち、姿勢の情報のみを取り出す。

【0081】

次に、伝達指令値生成手段 157 では、第一動作検出部位置算出手段 153 で算出した位置情報と、第二動作検出部位置算出手段 155 で算出した姿勢情報とを組み合わせ、操作対象 159 への位置と姿勢の動作の伝達指令値を生成する。

【0082】

伝達指令値生成手段 157 で生成した伝達指令値は操作対象を制御する制御装置 158 へと送られる。操作対象の制御装置 158 は伝達された情報に基づいて操作対象 159 を制御する。

【0083】

本実施形態を用いた以上の流れによって、操作者は、自らが意図する操作対象への位置の変化と姿勢の変化を正確に操作入力装置を通して伝達することができ、より正確な遠隔操作を実現することが可能となる。

【0084】

一方、操作対象 159 のマニピュレータの先端に設けられる開閉可能な把持機構の開閉制御は次のように伝達される。

【0085】

操作対象 159 のマニピュレータの把持機構の開閉角度を指示するためには、親指と人差し指の動作で把持部 5 の指レバー 52 の回転角度を操作する。

【0086】

親指で把持部 5 の指レバー 52 を操作するように把持してもかまわない。

【0087】

把持部 5 の形状は本実施形態に限定されるものではない。操作対象の形状によっては、指レバー 52 はなくともかまわない。操作者の好みに応じた形状の把持部 5 であってもかまわない。指で操作できる機構であればよい。

【0088】

操作者が親指と人差し指を用いて、把持部 5 に設けた指レバー 52 の開閉を行い、指レバー 52 の開閉角度を角度センサ 53 から検出する。

【0089】

検出した角度情報は制御装置 151 に入力され、把持部開閉角度算出手段 156 において指レバー 52 の開閉角度を算出する。角度情報を伝達指令値生成手段 157 に入力し、操作対象 159 の位置と姿勢の情報と付随する情報として操作対象 159 の開閉角度を合わせて、伝達指令値を生成し、操作対象 159 の制御装置 158 へと出力する。操作対象 159 の制御装置 158 は伝達された位置と姿勢の情報と同様、開閉角度の情報に従い、操作対象 159 のマニピュレータの把持機構の開閉角度を制御する。

【0090】

次に、上記の情報の流れを運動学的に説明する。運動学による位置姿勢の計算は多くの参考書に載っているところであり、それらを用いることで可能である。ここでは計算手法の一例を簡単に説明するにとどめる。ここで記す手法以外の計算手順でも所望の制御は可能である。

【0091】

運動学的に本装置の制御を説明するため、座標系202の原点側から、角度センサ9で回転を検出される部位を関節[1]、角度センサ199で回転を検出される部位（ここでは角度センサ199は軸12の角度を計測しているとする）を関節[2]、関節[2]を含む平行リンクの他端を関節[3]、角度センサ21で回転を検出される部位を関節[4]、角度センサ25で回転を検出される部位を関節[5]、角度センサ32で回転を検出される部位を関節[6]、角度センサ27で検出される部位を関節[7]、角度センサ102で回転を検出される部位を関節[8]、関節[8]を含む平行リンクの他端を関節[9]、回転軸105を関節[10]、角度センサ114で回転を検出される部位を関節[11]、角度センサ42で回転を検出される部位を関節[12]、角度センサ47で回転を検出される部位を関節[13]、角度センサ117で回転を検出される部位を関節[14]と呼ぶことにする。

【0092】

また、座標系201の原点から関節[1]までを第0リンク、関節[1]から関節[2]までを第1リンク、関節[2]から関節[3]までを第2リンク、関節[3]から関節[4]までを第3リンク、関節[4]から関節[5]までを第4リンク、関節[5]から関節[6]までを第5リンク、関節[6]から座標系202の原点までを第6リンクと呼ぶことにする。関節[5]には座標系204が固定されている。

【0093】

座標系204の原点から関節[6]までを第7リンクと呼ぶことにする。関節[6]から関節[7]を第8リンク、関節[7]を含む平行リンクを第9リンク、関節[8]を含む平行リンクを第10リンク、関節[8]から関節[9]までを第11リンク、関節[9]から関節[10]までを第12リンク、関節[10]から関節[11]までを第13リンクと呼ぶことにする。

【0094】

それぞれの関節には座標系1から座標系11を設定する。

【0095】

従来から、あるリンクと次のリンク間の関係を同次変換をA行列と呼ぶ。A行列はリンク座標間の相対的な並進と回転を表す。

【0096】

基準座標（ここでは座標系201）から見た第1リンクの位置姿勢をA1、第1リンクから見た第2リンクの位置姿勢をA2、第2リンクから見た第3リンクの位置姿勢をA3、第3リンクから見た第4リンクの位置姿勢をA4、第4リンクから見た第5リンクの位置姿勢をA5、第5リンクから見た第6リンクの位置姿勢をA6と表す。リンクの位置姿勢は関節に設定された座標系の位置姿勢を意味する。例えば、第1リンクから見た第2リンクの位置姿勢は、関節[1]の座標系から見た関節[2]の座標系の位置姿勢を意味する。

【0097】

このとき、基準座標系201から見た第6リンクの位置姿勢はA行列の積をT行列であらわされ、

$$T6 = A1 \times A2 \times A3 \times A4 \times A5 \times A6$$
で計算される。

【0098】

本実施形態では第2リンクが平行リンクであるため、第1リンクと第2リンクの成す角度および第2リンクと第3リンクの成す角度は常に相関を持ち、依存関係にある。

【0099】

本実施形態では上記 T6 がアームレスト 31 の座標系 202 の位置姿勢を意味する。

【0100】

T6 行列の中身は

【数 1】

$$T6 = \begin{bmatrix} nx & ox & ax & px \\ ny & oy & ay & py \\ nz & oz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

で表され、n、o、a は座標系 201 からみた座標系 202 の各軸方向を表すベクトルであり、p は座標系 201 からみた座標系 202 の原点位置を表すベクトルである。よって、n、o、a の各ベクトルによって、座標系 201 からみた座標系 202 の姿勢が表され、ベクトル p によって、座標系 202 の位置が表される。

【0101】

同様に、各リンクの座標間の相対的な並進と回転を表す A 行列を積算して、座標系 202 からみた座標系 203 の位置姿勢を表す T' 行列を算出できる。これを T' とする。T' の中身は

【数 2】

$$T' = \begin{bmatrix} nx' & ox' & ax' & px' \\ ny' & oy' & ay' & py' \\ nz' & oz' & az' & pz' \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

と整理され、T6 同様、n'、o'、a' の各座標軸のベクトルによる姿勢と、p' による位置ベクトルで表現される。

【0102】

ここで、第一動作検出部の位置はベクトル p であり、座標系 202 からみた第二動作検出部の位置はベクトル p'、姿勢は n'、o'、a' で表される。

【0103】

そこで、図 10 の第一動作検出部位置姿勢算出手段 152 では、T6 を算出し、第一動作検出部位置算出手段 153 では T6 からベクトル p を抽出する。第二動作検出部位置姿勢算出手段 154 では、座標系 202 からみた第二動作検出部の位置姿勢 T' を算出し、第二動作検出部姿勢算出手段では T' から姿勢ベクトル n'、o'、a' を抽出する。

【0104】

伝達指令値生成手段 157 では操作対象制御装置 158 へ位置情報としてベクトル p を、姿勢情報として n'、o'、a' を伝達する。

【0105】

以上によって、各センサ情報とリンクの長さなどの物理情報を元に、第一動作検出部および第二動作検出部の位置姿勢を算出し、それぞれの位置および姿勢情報を分離し、分離されたそれぞれの位置姿勢の情報から、必要な情報を抽出し、操作対象へ特定の成分を送信することが出来る。

これにより、本装置を用いて、位置と姿勢を分離した操作入力を実現できる。

【0106】

上記の流れを図11の制御フローで説明する。

【0107】

制御は数msecのサンプリングタイムごとにセンサの値の検出から制御対象への情報伝達までを繰り返し実行する。

【0108】

本実施形態で実行する制御は位置情報、姿勢情報、開閉情報の3つの情報を制御対象へ伝達する内容となる。図11ではこのうち、位置情報と姿勢情報についてセンサの検出から制御対象への伝達までの流れを示している。開閉情報はこれと並行するようにセンサ出力値の検出を行い、センサ情報から角度情報に変換し、位置情報および姿勢情報につづいて制御対象へ伝達することになる。ここでは図が煩雑になることをさけるため、開閉情報については表現を省いている。

【0109】

まず、所定のタイミングで制御ループがスタートし、各センサの出力値を計測する(ステップ180)。計測した値から各関節の角度を算出する(ステップ181)。算出した角度と、予め設定されている各リンクの長さデータをもとに、座標系201からみた座標系202の位置姿勢(T6行列)、および座標系202からみた座標系203の位置姿勢(T'行列)を算出する(ステップ182)。T6行列から位置ベクトルを抽出し(ステップ183)、T'行列から姿勢ベクトルを抽出する(ステップ184)。抽出したデータを操作対象へ伝達する(ステップ185)。

【0110】

これら一連の作業をサンプリングタイムごとに繰り返す。

【0111】

通常六自由度の操作対象を操作する場合には六自由度の操作入力装置であれば十分と言われる。これに対し、本実施形態では、位置の検出のために五自由度、姿勢の検出のために六自由度を有しており、それらを直感的に操作できる一連のリンク機構からなる一つの操作入力装置として構成している。なお、位置の検出のために三自由度(例えば、三次元直交座標におけるx、y、z)を有するように構成してもよい。さらに、第一動作検出部(位置入力部)で検出する位置姿勢情報と第二動作検出部(姿勢入力部)で検出する位置姿勢情報とから、それぞれ必要な位置情報と姿勢情報を取り出し、操作対象へ伝達する情報に再構成することで、位置の操作入力と姿勢の操作入力を明確に分離することが可能となる。

【0112】

本実施形態の第一動作検出部は手首の位置を検出する機構であるが、手首の動作を妨げないように冗長自由度(五自由度)を有し、位置の入力を行う際に、手首の姿勢を限定されることなく、操作入力を操作入力装置の機構に邪魔されることなく楽な姿勢で直感的に手首の位置を変え、位置の操作入力を行うことが可能である。

【0113】

第二動作検出部は指先の姿勢を検出する機構であるが、指先の動きを妨げないように、冗長自由度(六自由度)を有し、姿勢の入力を行う際に、指先の動きや位置が限定されることなく、操作入力動作を操作入力装置の機構に邪魔されることなく、楽な動きで直感的に指先の姿勢を変えて、姿勢の操作入力を行うことが可能である。

【0114】

以上のように、操作に必要な情報を検出するための自由度と操作時の操作性を向上させ

るための自由度を有する構造であり、それぞれの検出結果から、必要な情報と不要な情報をより分け、必要な情報のみを再構成する制御を実施することによって、高い操作性と、正確な意思の反映を同時に実現できる。

【0115】

一つの操作入力装置に入力部位を二つ設け、それぞれ部位の位置と姿勢を検出するが、位置の入力部で検出する姿勢変化は、操作性向上のための自由度を設けた結果であり、位置の操作入力とは関係ない情報である。同様、姿勢の入力部で検出する位置変化は、操作性向上のための自由度を設けた結果であるため、姿勢の操作入力とは関係ない情報である。これら操作性向上のための変位分を制御装置内の処理にて取り除き、必要な情報のみをまとめて操作対象へ伝達することが可能となる。これにより、高い操作性を有し、かつ、操作者が意図する姿勢制御の指示内容、あるいは位置制御の指示内容、あるいは、姿勢と位置を取り混ぜた操作内容を、より正確に意図どおりに操作対象に伝達することが可能となる。

【0116】

位置と姿勢を分離して入力可能であるため、操作情報に意図しない位置と姿勢の変位が混入する状況を防止し、意図しない動作の発生を防止できる。たとえば、医療用マニピュレータの操作を行う場合などでは、周囲の正常な組織へ無用な損傷を与えることなく操作することが可能になる。破損しやすい血管などを扱う吻合などでは、臓器に無用な力を加えるような操作を防止できるため、操作者が意図するようにマニピュレータを正確に動作させ、臓器をいためずに的確な動作で処置を実施することが可能になる。

【0117】

入力部が手首と指先の二つに分離されており、位置の入力を手首で実施できる構成であることから、姿勢を保ったまま位置だけを動かしたい場合や、位置を保持したまま、姿勢だけを変えてアプローチしたい場合などに、従来の操作入力装置のように保持したい情報に注意をはらいつつ意図する動作だけを操作入力するような熟練した技術の必要がなくなるため、より自然な操作で容易に意図を反映することが可能となる。

【0118】

指先で微細な操作や正確な操作を行いたいときに、手首に支点を設けることができるため、操作部と支点の距離が短く設定できるため、より繊細な操作が行いやすい。

【0119】

本発明では、操作者の意図を正確に操作対象に反映させるための操作の難しさを取り除き、操作者の熟練度によらず微細で正確な操作を意図どおりに操作対象に伝達可能である。よって、初心者でも熟練者同様の器用な操作を実現し、作業の効率化、作業の質の向上を図ることができる。

【0120】

第二動作検出部の指位置リンク部が二つの平行リンクが直交する構成で連結していることにより、指位置リンク部が変形して指姿勢リンク部の位置が変位した場合でも、指姿勢リンク部は座標系203のX3方向および、Y3方向には姿勢不変のまま移動する。よって、把持部5を操作したときに発生する指のX3およびY3方向への位置変化によって、指姿勢リンク部が位置変化を吸収するように受ける影響、つまり位置変化に伴い発生する姿勢変化を防止することが可能である。この場合、指姿勢変化量を算出する際に、指位置リンク部の変化として考慮すべきは回転軸26回りおよび回転軸43回りの回転量で、把持部5のX3回りの回転量は上記二つの回転量の差分より計算されることになる。このように、指位置リンク部の変化が指姿勢リンク部の変化に与える影響を低減することで、把持部5の姿勢算出が容易になり、計算量を下げ、制御系を単純にすることができる。ひいては制御の安定性および信頼性につながる。

【0121】

本実施形態では、指位置リンク部を構成する平行リンクの動作範囲を座標系204のY4-Z4平面に垂直な面内になるように構成されているが、本実施形態のバリエーションとしてX4-Y4平面に垂直な面内になるように構成することもできる。

【0122】

その場合、把持部5を操作したときに発生する指のY3方向およびZ3方向への位置変化に伴う指姿勢リンク部の変位を防止できる。

【0123】

また、本実施形態と同様にY4-Z4平面に垂直な面内で動作する平行リンク系からなる指位置リンク部に、さらに、X4-Y4平面に垂直な面内で動作する平行リンク系を連結させると、把持部5を操作したときに発生する指の座標系203のすべての方向への位置変化に伴う指姿勢リンク部の変位を防止でき、より制御系を単純化することが可能となる。

【0124】

本実施形態では、第二動作検出部の指位置リンク部と指姿勢リンク部に自重補償機構を設けて、操作するために必要な力を軽減している。図3、図4、図5、図9を用いて自重補償の機構について説明する。ここでの自重補償とは、例えば平行リンクの場合、平行リンクを構成する部品の重量に加えて、その平行リンクに連結した部品で、平行リンクを変形する負荷となる重量も含めてリンク系の自重と考え、これを補償することを意味している。

【0125】

図4ではヒンジ部28、リンク35、36、連結部37からなる第二動作検出部の一つの平行リンクの自重および、この平行リンクにかかる、その先に設けられた把持部5までのリンク系の重量を保障する機構を表している。この一つの平行リンクの自重と把持部5までのリンク系の重量を加えたものを第一の補償重量と呼ぶこととする。この補償機構とは、一つの平行リンクが第一の補償重量により、座標系203のX3方向へ変移することを補償バネ70、71により補償する機構である。

【0126】

ヒンジ部28にはワイヤ固定部120が設けられている。リンク36の軸61には、ワイヤ経路ガイド74が固定されている。リンク36の軸63にはバネ連結具76が固定されている。バネ連結具76には補償バネ70、71が連結されており、補償バネ70、71の別の端部にはバネ連結具73が連結されている。バネ連結具73にはワイヤ75が固定されている。ワイヤ75はワイヤ経路ガイド74に設けた経路ガイド穴145を通り、ワイヤ固定部120の固定穴121を通り固定ねじ122で固定される。

【0127】

ワイヤ経路ガイド74の経路ガイド穴145をワイヤ75が通る際に、ワイヤ75とワイヤ経路ガイド74との間の摩擦を低減するため、ガイドチューブ144にワイヤ75を通し、ガイドチューブ144ごと経路ガイド穴145を通す構造としている。これにより、ワイヤ75は低摩擦で摺動可能である。

【0128】

ワイヤ経路ガイド74およびバネ連結具76はリンク36に固定されている軸61、63に固定されており、軸の回転と同期して向きを変える。つまり、リンク36に対して、ワイヤ経路ガイド74およびバネ連結具76は常に同じ向きを保つ。

【0129】

リンク36が軸61回りに座標系203のX3方向に回転すると、経路ガイド穴145と固定穴121の間の経路長が伸びる。これにより、補償バネが伸ばされ、ワイヤ75に張力が発生する。張力は経路ガイド穴145と固定穴121を結ぶ直線方向に発生し、リンク36を軸61回りにX3方向へ回転させる力となる。

【0130】

これにより、操作者が把持部5を把持し、把持部5をX3方向へ移動させる操作を行う場合に、一つの平行リンクにかかる第一の補償重量による負荷を軽減することができる。

【0131】

図3では連結部37、リンク38、39、ヒンジ部40からなる第二動作検出部の二つ

目の平行リンクの自重および、その先に設けられている把持部 5 へのリンク系の重量を保障する機構を表している。この二つ目の平行リンクの自重と把持部 5 までのリンク系の重量を加えたものを第二の補償重量と呼ぶこととする。この補償機構は、二つ目の平行リンクが第二の補償重量により、座標系 203 の X3 方向へ変移することを補償バネ 72 により補償する機構である。

【0132】

連結部 37 にはワイヤ固定部 107 が設けられている。リンク 39 の軸 106 には、ワイヤ経路ガイド 110 が固定されている。リンク 39 の軸 65 にはバネ連結具 112 が固定されている。バネ連結具 112 には補償バネ 72 が連結されており、補償バネ 72 の別の端部にはワイヤ 76 が接続されている。ワイヤ 76 はワイヤ経路ガイド 110 に設けた経路ガイド穴 111 を通り、ワイヤ固定部 107 の固定穴 109 を通り固定ねじ 108 で固定される。

【0133】

図 3 に示すように、経路ガイド穴 111 をワイヤ 76 が摺動する部位は、摩擦を低減するために、一つ目の平行リンクと同様ガイドチューブを用いてワイヤをカバーしている。

【0134】

ワイヤ経路ガイド 110 およびバネ連結具 112 はリンク 39 に固定されている軸 65、106 に固定されており、軸の回転と同期して向きを変える。つまり、リンク 39 に対して、ワイヤ経路ガイド 110 およびバネ連結具 112 は常に同じ向きを保つ。

【0135】

リンク 39 が軸 106 回りに座標系 203 の X3 方向に回転すると、経路ガイド穴 111 と固定穴 109 の間の経路長が伸びる。これにより、補償バネ 72 が伸ばされ、ワイヤ 76 に張力が発生する。張力は経路ガイド穴 111 と固定穴 108 を結ぶ直線方向に発生し、リンク 39 を軸 106 回りに X3 方向へ回転させる力となる。これにより、操作者が把持部 5 を把持し、把持部 5 を X3 方向へ移動させる操作を行う場合に、二つ目の平行リンクにかかる第二の補償重量による負荷を軽減することができる。

【0136】

図 5、図 9 ではリンク 46 の回転軸 45 回りの重量バランス機構を示している。リンク 46 はその一端に把持部 5 を設けている。その反対側にバランスウェイト 48 を有している。リンク 46 の長手方向に設けた長穴 180 に固定ねじ 181 を通し、バランスウェイトの位置を調整し、固定ねじ 181 を締め付けることで、バランスウェイトを長穴 180 を設けた範囲で任意の位置に固定することができる。リンク 46 の、回転軸 45 回りの自重のバランスによる回転トルクを 0 に調整することが可能な重量でバランスウェイトを設計する。これにより、回転軸 45 回りに任意の位置に把持部 5 を操作するとき、把持部 5 の自重の負荷により、操作方向による操作力の不均一をなくし、どのような姿勢でも同じ力で操作可能となる。また、リンク系の重量負荷を操作者が負担する必要がなく、軽い力で操作することが可能になり、操作性が向上する。

【0137】

以上のように、座標系 203 における X3 方向の移動成分を含む第二動作検出部の指位置リンク部と指姿勢リンク部の自重成分を補償する機構を設けることにより、より軽い力で操作することが可能となり、操作性を向上させ、操作者の負担を減らすことが可能となる。長時間の操作を必要とする作業においては、疲労が軽減し、集中力を長時間持続させる効果もある。

【0138】

自重補償機構は本実施形態以外の手法で実施してもかまわない。たとえば、バネの配置やワイヤの経路などは本実施形態に限定されるものではない。指位置リンク部である平行リンクの自重補償機構に、バネを用いず、指姿勢リンク部同様、すべてバランスウェイトを用いてトルクを相殺する機構としても、同様の効果を得ることが可能である。

【0139】

リンク同士を回転可能に連結した直列のリンク系に自重補償機構を設ける構造に比較し

て、本実施形態のように、平行リンクに自重補償機構を設けることには、次のような利点が知られている。

【0140】

1本のリンクの自重補償を行う場合、リンクの一端である回転接続部で、リンクの自重による回転方向と逆側に向けて回転トルクを発生させることで自重補償するが、この場合、リンクの他端、つまり自重補償する回転接続部の反対の端部に設けられる負荷荷重の回転軸周りのトルクが一定であることが必要となる。負荷荷重が回転軸から離れている距離に応じて回転軸まわりのトルクが変化する。

【0141】

一方、本実施形態のように、平行リンクの場合、負荷荷重の姿勢が変わった場合は、回転軸周りのトルクではなく、平行リンクを構成するリンクの伸びや圧縮の力の変化として影響し、回転軸まわりのトルクの変化へは影響を及ぼさないことが知られている。実施形態で説明すると、指姿勢リンク部の姿勢が操作によって変化したときに、平行リンクを構成するリンク38、39が受ける圧縮と伸びの力が変化するが、回転軸105、106回りの回転トルクは不変である。また、同様に、リンク38、39を含む平行リンクの形状が変化したとき、もうひとつの平行リンクを構成するリンク35、36が受ける圧縮と伸びの力が変化するが、回転軸62、63まわりのトルクは不変である。

【0142】

よって、操作中に、それぞれの指位置リンク部の形状、および指姿勢リンク部が変化したときでも、平行リンクに設けた自重補償機構の効果は一定である。このため、操作者が操作中に、リンクが重く感じられたり、軽く感じられたりする操作性のばらつきを感じることもなく、さらには、特定の姿勢に操作したときに、自重補償のバランスが崩れて平行リンクが一方方向へかってに動いてしまうなどということがなくなり、安全性の向上にも効果がある。

【0143】

このような効果を得るためには、本実施形態で示した平行リンクの構造以外にも同様の力学的効果が得られる構造が知られている。それらの構造を用いて、同様の力学的効果を実現する構造であれば、本実施形態のように、操作性の安定と操作系の安全性の向上を図ることが可能である。

【0144】

本実施形態では、回転軸60、61を結ぶ直線が鉛直方向と45度をなすように構成されている。同様、一連の平行リンクにおいて、回転軸62、63を結ぶ直線、回転軸105、106を結ぶ直線、回転軸64、65を結ぶ直線が、それぞれ鉛直方向と45度をなすように構成されている。これは、以下に説明するように、本実施形態の把持部5の可動範囲を広げる効果がある。

【0145】

アームレスト31に手首を乗せて、指で把持部5を把持する姿勢をとると、その姿勢から三自由度方向へ位置の移動を可能にするため、把持部5とアームレスト31をつなぐ平行リンクは図2のように、一定の角度で交差するように連結される。このとき、前述の回転軸間をつなぐ直線が鉛直方向と同じ向き、および直交する向きになるように構成されている場合、平行リンクの可動域の中心はリンクが回転軸間をつなぐ直線と直交する姿勢であり、平行リンクが水平および垂直になる姿勢である。この姿勢から、図2のように、人が把持部5を把持できる姿勢へと平行リンクを変形させて初期姿勢をとる構造だと、その初期姿勢から平行リンクが変化できる可動域が、さらに平行リンクの変形を進める方向に対して狭くなり、結果として、初期姿勢の位置は操作者が操作できる範囲の中心からずれて、操作可能領域の隅のほうに位置することになり、十分な操作領域を確保することができない。これに対して、本実施形態の図2のように、各平行リンクが回転軸間の直線と直交する向きのまま初期姿勢をとることができるように、回転軸間を結ぶの直線を鉛直方向と45度の角度をなすように構成すると、初期姿勢の位置を操作可能領域の中心近くに一致することとなり、十分な操作領域を確保することができる。

【0146】

平行リンクの可動域を十分に利用できる操作系を構築できる構造によって、リンク35、36、38、39をより短く、回転軸間を結ぶ直線の距離をより短くしたコンパクトな機構にすることが可能となる。

【0147】

平行リンク系をコンパクトにできるために、自重補償に必要な力、たとえばバネのバネ定数などがより小さい力で目的を達成できるようになり、自重補償の小型化、軽量化、コストダウンなどの効果が見込める。

【0148】

これらの効果によって、装置全体の重量が軽量化でき、装置の取り付け、持ち運びなどの負荷を軽減することが可能となる。

【0149】

一方、本実施形態の各可動部にトルクセンサとアクチュエータを設けることで、自重補償機構なしで、同様の効果を得ることができる。さらには、アクチュエータの制御により、操作中に手を離しても、第二動作検出部の各自由度がその角度を保持することが可能となる。また、操作範囲を操作者に伝達したり、操作対象の状況に応じて操作入力を制限したりあるいは禁止したりすることも可能となり、操作入力装置を通してさまざまな情報を操作者提供することが可能となる。ゆえに、より安全で高い操作性を実現できる。

【0150】

位置を固定して、マニピュレータを用いて微小な部位の縫合などを実施する場合など、第一動作検出部のアクチュエータを固定して、力がかかっても動作しないように制御することが可能となる。これにより、手首の位置を変えないように注意を払う必要すなくなり、指先の姿勢に集中して、より微細で正確な操作を実現することができる。

【0151】

(別の実施形態)

制御のバリエーションは上記以外にも、第一動作検出部および第二動作検出部で検出する情報の種類を使用状況に応じて変更し、より状況に適した操作性を実現することも可能である。

【0152】

例えば、第二動作検出部の指先六自由度で操作対象の六自由度を制御するように設定することもできる。大まかな動きを実施したい場合など、制御バリエーションをフットスイッチなどで切り替えて、第二動作検出部の六自由度のみで、従来と同様の操作入力を実施することも可能である。この場合、ユーザの意思により、位置姿勢を分離して検出し、不要情報を取り除いたのち必要情報を合成する本提案の制御方法と切り替えながら操作を実施することも可能である。第二動作検出部のみで六自由度操作を実現するためには、第一の実施形態で示したT'行列で算出された結果から位置ベクトルと姿勢ベクトルを特定し、これを制御対象へ伝達すればよい。

【0153】

機構のバリエーションとして、アームレスト部3とリンク23を結合する回転軸と、第二動作検出部と第一動作検出部を結合する回転軸とが異なる場合、および、第二動作検出部がアームレスト31先端に設けられている場合などが考えられる。

【0154】

アームレスト部3とリンク23を結合する回転軸と、第二動作検出部と第一動作検出部を結合する回転軸とが異なる場合は、Y-Z平面内でのアームレスト31の動作においても、座標系202からみた座標系203の位置と姿勢が変化する。

【0155】

図は省略するが、アームレスト部3とリンク23を結合する回転軸に設ける座標系204は第一の実施形態どおり設定し、別途第二動作検出部と第一動作検出部を結合する回転軸に座標系205を設ける。座標系205は座標系204をそれぞれの回転軸の距離分だけ並進写像したものである。各角度センサと回転軸間距離の機構的パラメータを用いるこ

とにより、座標系 201 からみた座標系 204 の位置姿勢、座標系 204 からみた座標系 202 の位置姿勢、座標系 204 と座標系 205 の並進写像、座標系 205 からみた座標系 203 の位置姿勢を検出および算出することができる。よって、これらより Y o - Z o 平面内でのアームレストの動作における座標系 202 からみた座標系 203 の位置と姿勢が変化の量を算出することが可能である。よって、アームレスト部 3 とリンク 23 を結合する回転軸と、第二動作検出部と第一動作検出部を結合する回転軸とが一致している第一の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0156】

第二動作検出部を結合する回転軸がリンク 23 ではなく、アームレスト 31 の先端に接続されている場合は、座標系 204 と座標系 202 が機構的に一致する関係である。

【0157】

アームレスト 31 のみを座標系 201 の X o、Y o、Z o のどの方向に動作しても、操作者の手首から先の姿勢が変わらない限りアームレスト 31 の座標系 202 からみた把持部 5 の座標系 203 は常に一定となる。よって、アームレスト 31 の位置姿勢の変化量を示す各角度センサの情報をを用いることなく、第二動作検出部の各角度センサの情報のみから、アームレスト 31 から見た把持部 5 の位置と姿勢を算出することが可能となる。この実施形態がもたらす効果は第一の実施形態に加えて、さらに制御系がシンプルになるという新たな効果も追加できる。さらに、算出の段階を減らすことで、加工の寸法誤差や計測誤差などが原因で算出結果に含まれる誤差要因を減らすことが可能となり、より正確な制御が可能となる。誤差の影響を減らすことでよりロバストな装置となる。

【0158】

第一の実施形態ではアームレスト 31 に手首を置いて、位置の入力を実施する構成の装置を示したが、使用目的やユーザの要望に応じて、手首以外の部位で位置入力を行うような装置の構成であってもよい。

【0159】

例えば、手首をのせるアームレスト 31 の代わりに、肘をついて乗せる肘置きを設ける。肘置きの位置が第一動作検出部の位置の入力部位となる。肘置きには、第一の実施形態のように操作者の指先位置に把持部 5 が位置するように第二動作検出部を設ける。この構成の場合、ユーザが机に肘をついて、目の高さの近くで細かな作業を行う状況と同様の操作性を実現可能である。

【0160】

操作中、第一動作検出部に不用意な力がかかり、ユーザの意図しない位置変化の入力、検出、操作への反映がなされないように、位置を入力する際の許可信号を発する機能として、フットスイッチなどのインタフェースデバイスと併用する。ユーザはフットスイッチを踏み、位置変化を許可する信号を発生させ、その後第一動作検出部の位置を操作する。これにより、安全性を向上させることが可能となる。また、第一動作検出部の各回転軸にアクチュエータ、あるいはブレーキを設け、インタフェースデバイスの信号とアクチュエータあるいはブレーキの制御を関連付ける。つまり、インタフェースデバイスからの信号が、位置操作の許可を発していない場合、第一動作検出部に力がかかっても位置を変化させないように、アクチュエータを動作させない、あるいはブレーキをかけておく。一方、インタフェースデバイスからの信号が位置操作の許可を発している場合、アクチュエータの出力軸を固定せず、第一動作検出部にかかる力に応じて各回転軸を制御する。あるいは、第一動作検出部の動きを阻害しないように各回転軸のブレーキを緩める。

【0161】

アクチュエータやブレーキのように、各関節の回転角度を制御したり、回転の摩擦を変化させるデバイスと、ユーザの意思を反映させるインタフェースデバイスとを組み合わせることで、より安全性と操作性を向上させることが可能となる。

【0162】

インタフェースデバイスを用いるバリエーションとして、ユーザが手首をアームレストに乗せているか否かを検出するセンサを設ける例も、安全性を向上させる効果がある。つ

まり、アームレスト上で手首が設置する部位に、例えば光センサを埋め込み、手首の有無によってセンサ出力がオンオフする構成とする。左右の手首を検出したときのみ、アクチュエータの動作を許可する、あるいは、ブレーキを緩めるという制御が可能となる。あるいは、左右の手首を検出し、かつ、フットスイッチなどからの操作許可信号を受けたときのみアクチュエータの動作を許可する、あるいは、ブレーキを緩めるという制御が可能となる。あるいは、左右の手首を検出していない場合は、操作対象への操作指示情報の伝達を行わない処理が可能となる。これらの制御によって、本装置を使用する際の安全性を向上させることが可能となる。

【0163】

第一の実施形態は各関節に角度センサを設けたが、第一動作検出部および第二動作検出部の位置姿勢を検出できればよいので、同様の効果を得られるほかの手法によって、位置姿勢を検出してもよい。例えば、光学式三次元運動計測装置を用いる手法もある。市販されている製品としてはNorthern Digital INCから発売されているOPTOTRAKやPolarisなどがある。これは、反射式あるいは発光式の複数のマーカを計測対象に固定し、離れた場所に設置するカメラからマーカを見て、マーカの位置と姿勢を計算し、マーカの位置と姿勢から計測対象の位置と姿勢を割り出す装置である。この装置を用いる場合、第一動作検出部および第二動作検出部にそれぞれ複数のマーカを取り付け、マーカを取り付けた場所の位置と姿勢を光学的に計測する。これによって、回転角度センサを用いずに、第一の実施形態同様の効果を得ることが出来る。

【0164】

光学式センサの他に磁気センサを用いる装置も市販されており、やはり同様に特定の場所の位置と姿勢を計測できるため、同様の効果を得ることが出来る。

【産業上の利用可能性】

【0165】

精密な取り扱いを要する手術用マニピュレータ等の医療機器の他、コンピュータグラフィックス等の入力デバイス等にも適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0166】

- 【図1】 システム構成図である。
- 【図2】 操作入力装置の斜視図である。
- 【図3】 機構の拡大斜視図である。
- 【図4】 機構の拡大斜視図である。
- 【図5】 把持部機構の拡大斜視図である。
- 【図6】 装置固定部の座標系である。
- 【図7】 アームレスト部の透過図である。
- 【図8】 姿勢検出リンク部の透過図である。
- 【図9】 把持部機構の拡大斜視図である。
- 【図10】 装置の構成および情報の流れ図である。
- 【図11】 制御フローである。

【符号の説明】

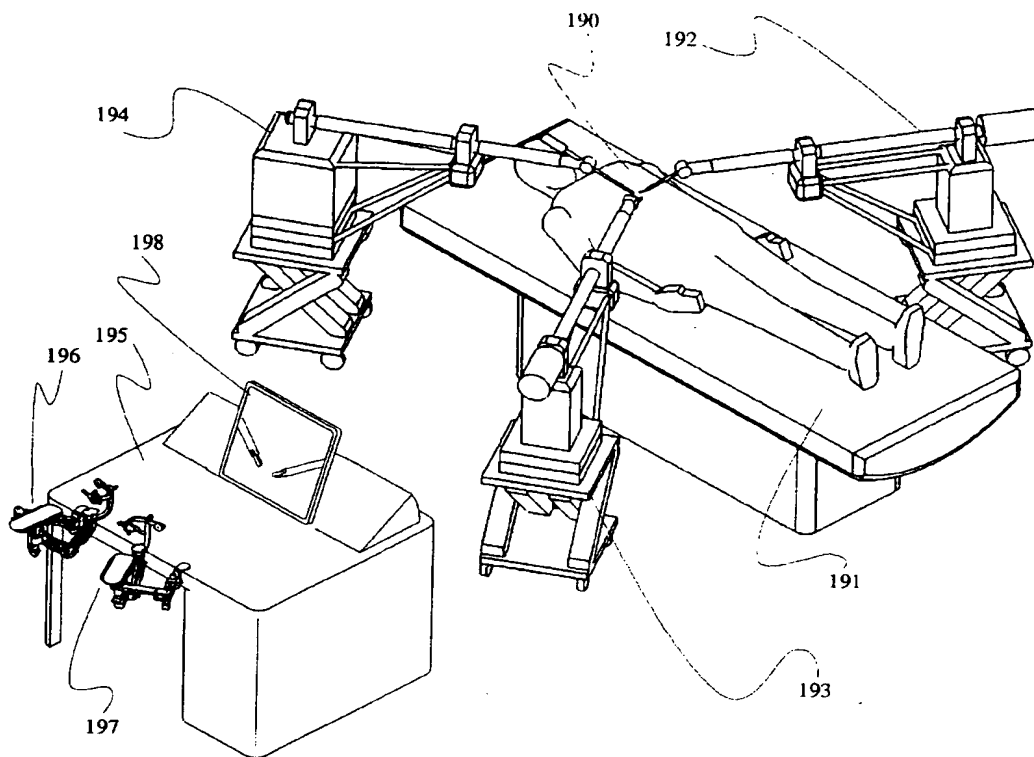
【0167】

- 1 装置固定部
- 2 位置検出リンク
- 3 アームレスト部
- 4 姿勢検出リンク
- 5 把持部
- 9 角度センサ
- 14, 15 リンク
- 21 角度センサ
- 23 リンク

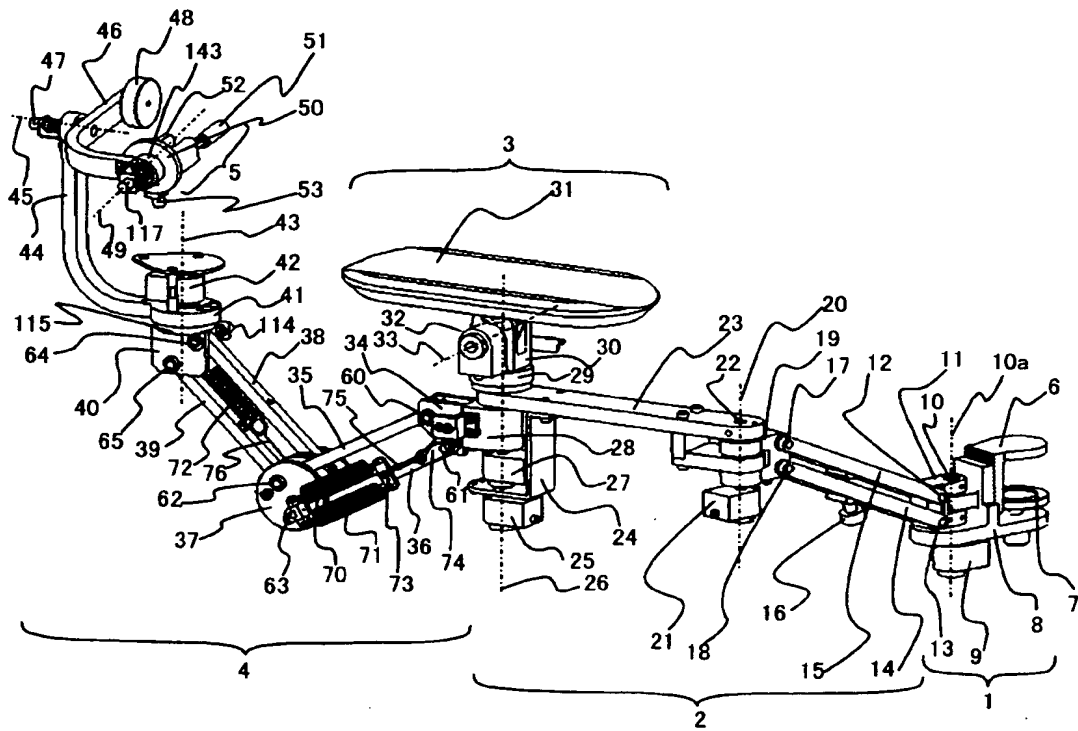
2 5 角度センサ
 2 7 角度センサ
 3 1 アームレスト
 3 2 角度センサ
 3 5, 3 6 リンク
 3 8, 3 9 リンク
 4 1 指リンク
 4 2 角度センサ
 4 6 指リンク
 4 7 角度センサ
 5 2 指レバー
 5 3 角度センサ
 7 0, 7 1、7 2 補償バネ
 1 0 2, 1 1 4, 1 1 7, 1 9 9 角度センサ
 1 5 1 制御装置
 1 5 8 操作対象制御装置
 1 5 9 操作対象

【書類名】図面

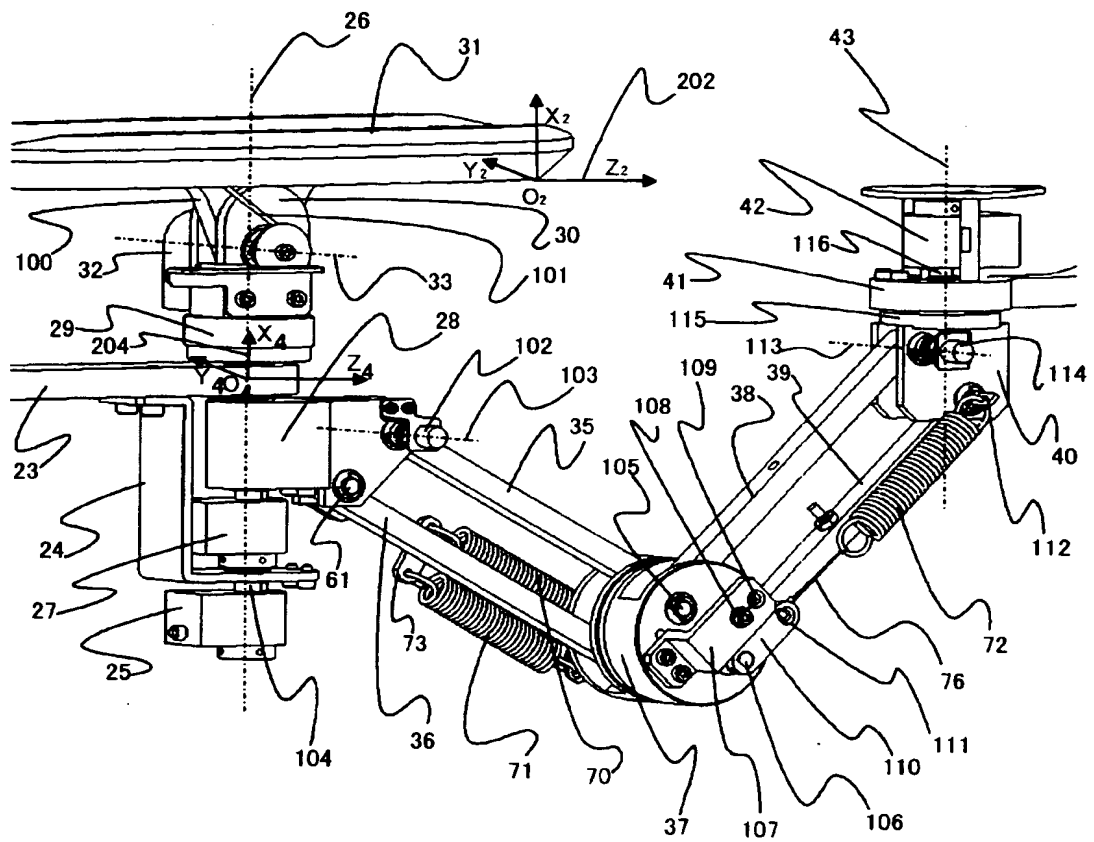
【図 1】



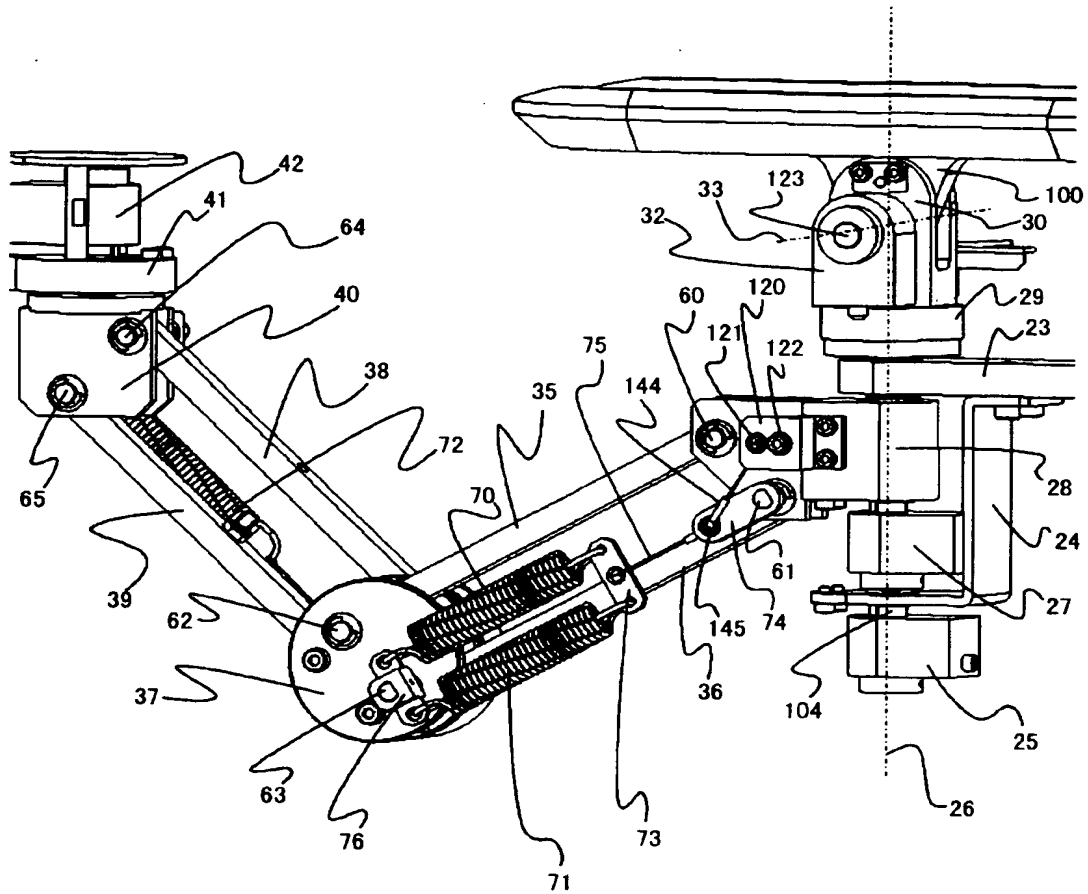
【図 2】



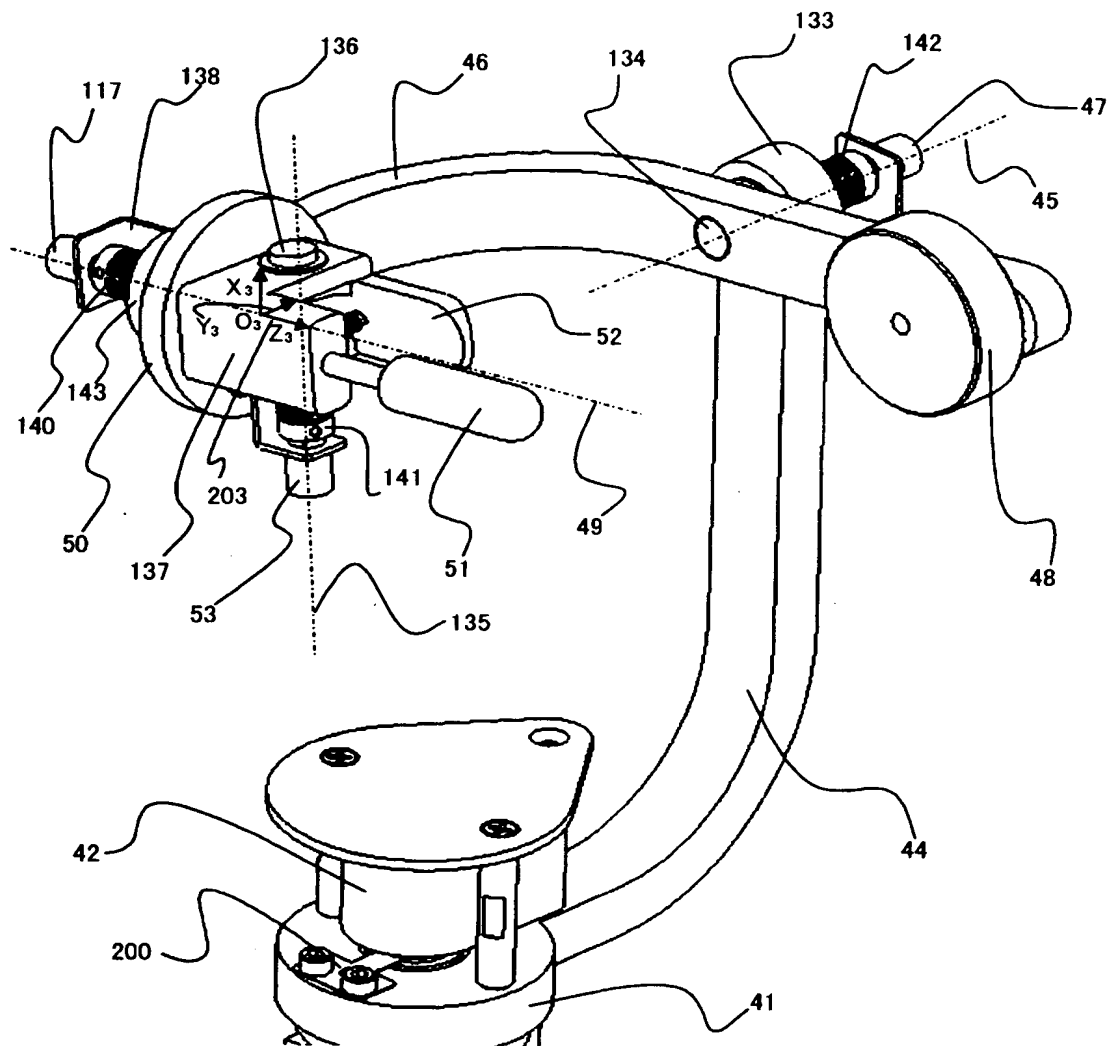
【圖 3】



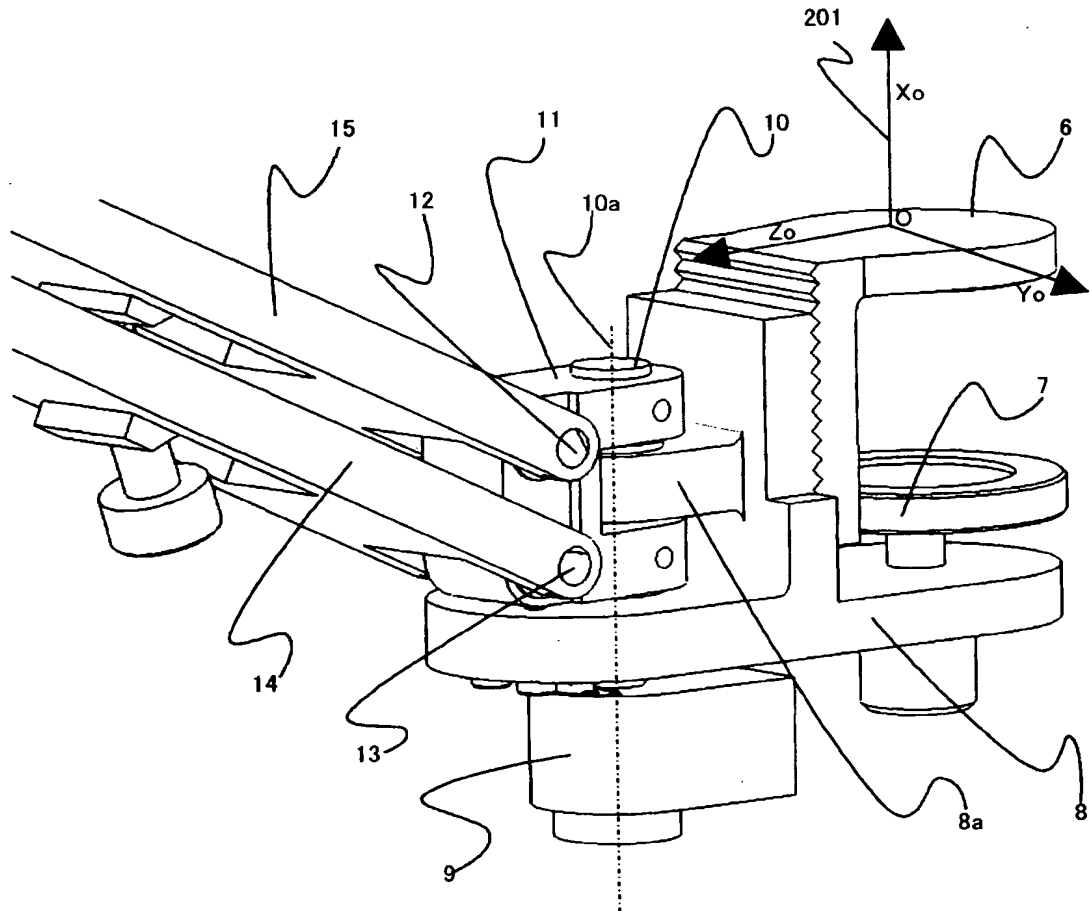
【圖 4】



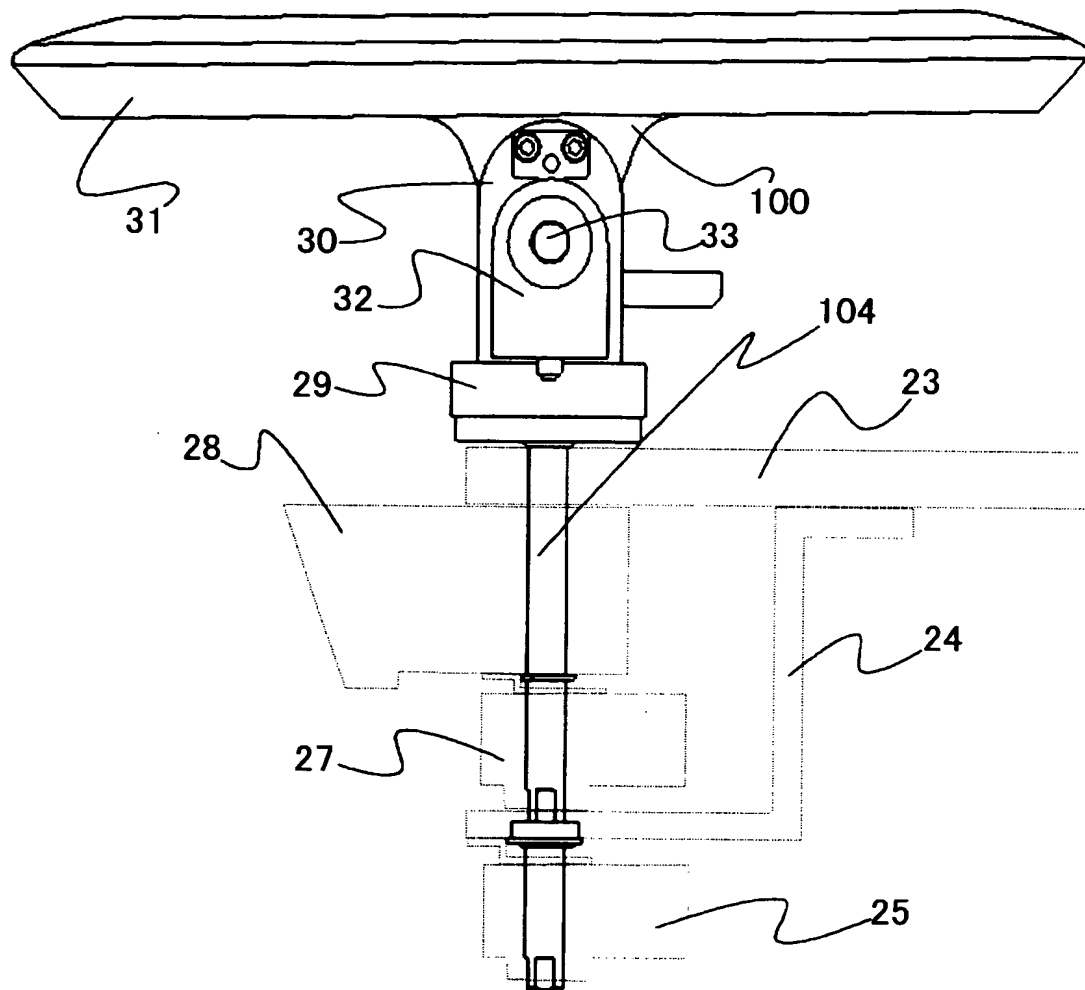
【図 5】



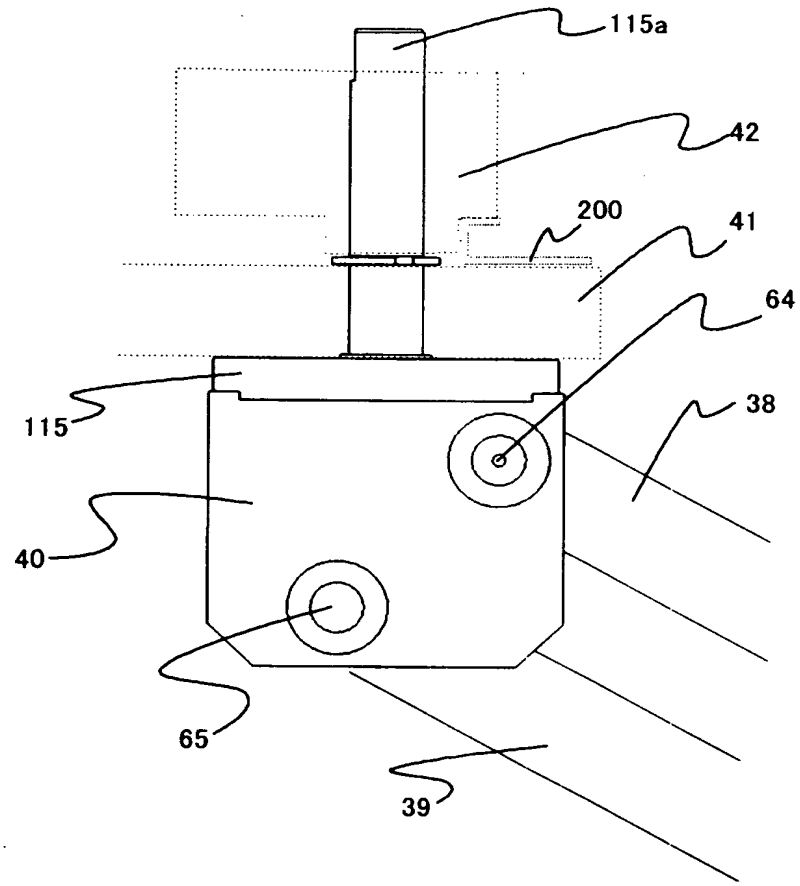
【図 6】



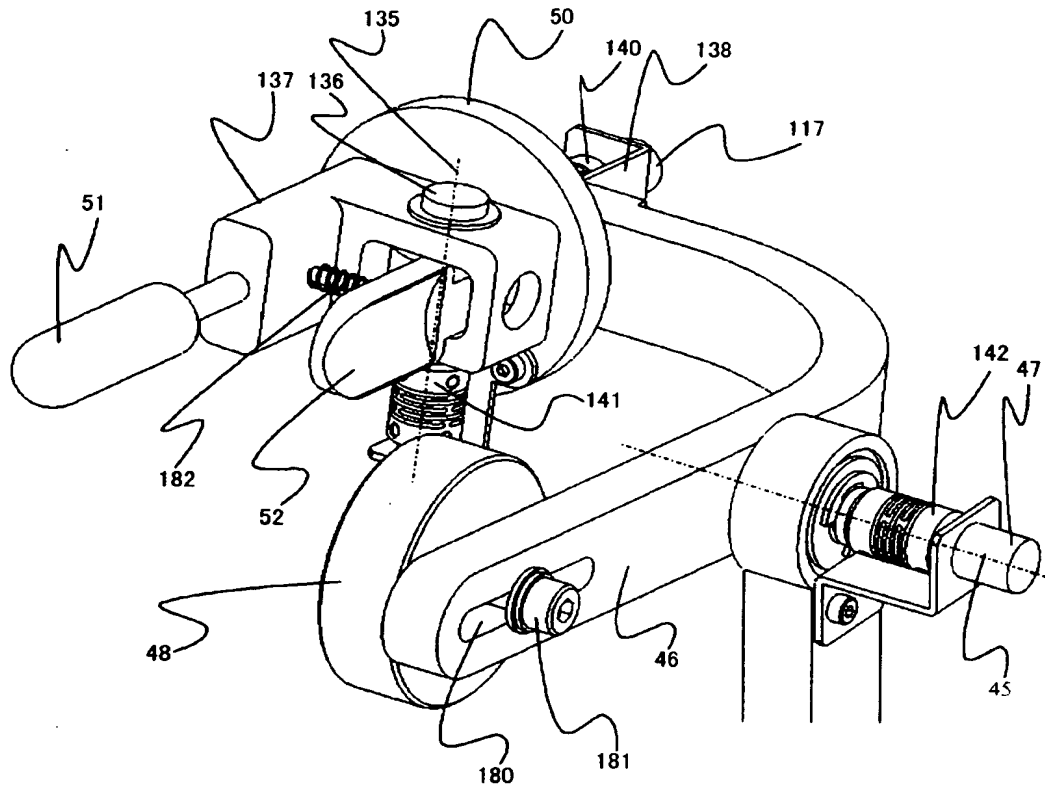
【図 7】



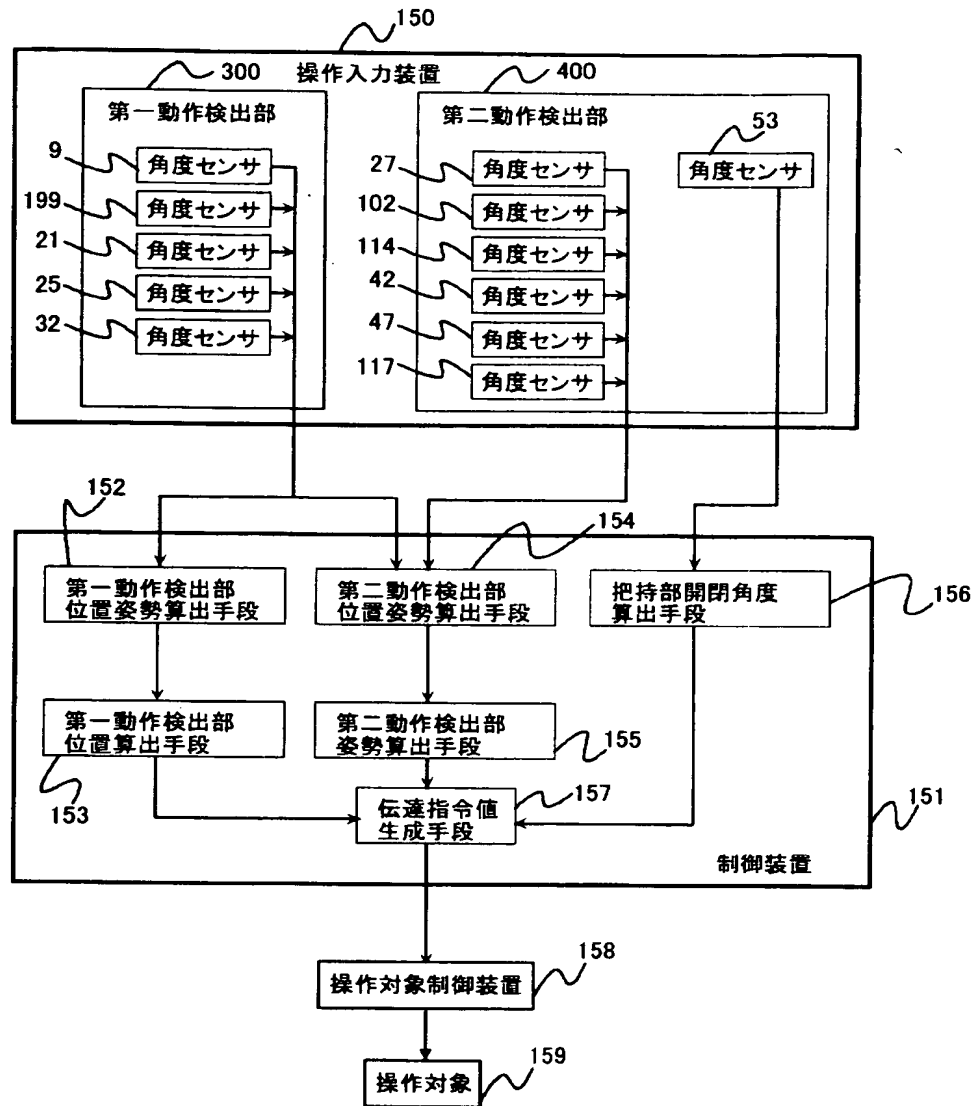
【図 8】



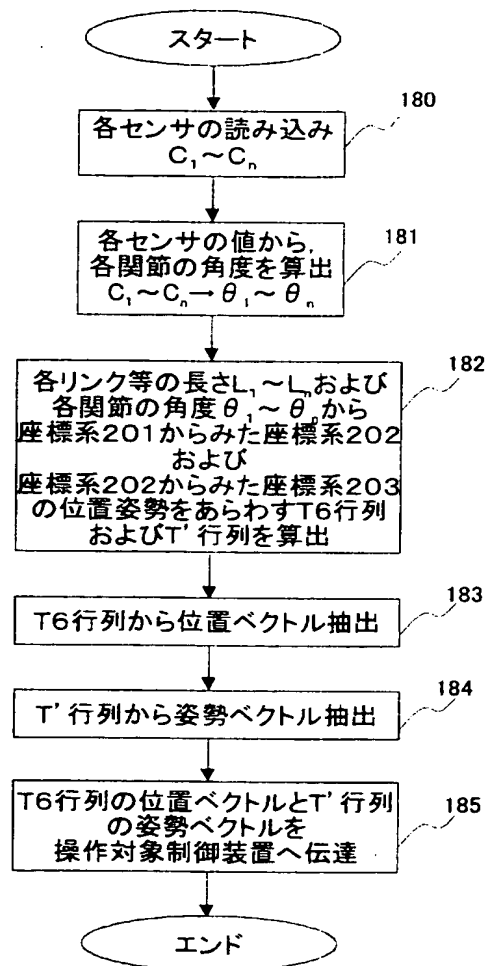
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の操作入力装置は位置と姿勢の入力が混在しており、姿勢変化のつもりで入力した操作の結果、位置と姿勢の両方が変化してしまうことがあり、操作者の意図を正確に反映できるものではなかった。

【解決手段】 第一の操作入力部の位置および姿勢を検出する第一動作検出部と、第一動作検出部に接続され、第二の操作入力部の位置および姿勢を検出する第二動作検出部を有し、位置を入力する部位と姿勢を入力する部位を一つの操作入力装置内で分離する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 4 4 4 2 2

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所